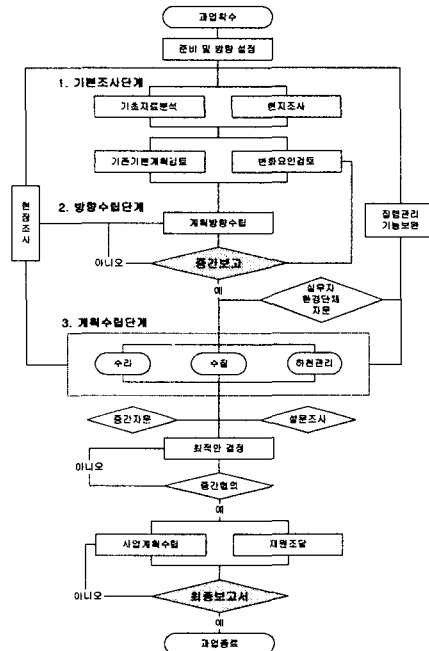


임진강 수계 수질 보전대책 연구

장석환*, 송미영**, 이기영**, 김진홍***

1. 서론

임진강은 경기북부지역의 주요 수자원이며 신천, 포천천 등 일부 하천의 수질오염이 지속되고 있다. 남북 긴장 완화와 북부지역 개발 등 관심이 고조되는 지역으로 앞으로 보다 적극적인 수계관리 체제 및 수단이 필요하다. 이러한 시점에서 경기북부의 상대적으로 잘 보존된 자연환경은 그 상대적인 가치와 더불어 관심이 증대되고 있어 개발로 인한 임진강 수계의 오염을 최소화하기 위하여 개발이 시작되는 시점부터 수계의 오염방지를 충분히 감안한 종합관리 계획의 수립 필요성이 절실해지고 있다. 특히, 수계관리를 위해 경기도가 취해야 할 정책목표나 비전 등이 제시되지 못하였고 장기적으로 일관성 있는 수계관리 방향이 수립된 바 없다. 따라서, 기존의 자료들을 종합적으로 검토하고 그 문제점을 분석함으로써 임진강 수계가 당면하고 있거나 앞으로 도래하게 될 문제점들을 도출해내고 이에 대해 적절하게 대응하기 위해 수계관리 주체로서 경기도의 정책 방향 및 접근방법에 대한 종합적인 수질보전 대책을 마련하고자 한다.



<그림 1> 임진강 수질보전 대책방안 연구 추진 방향

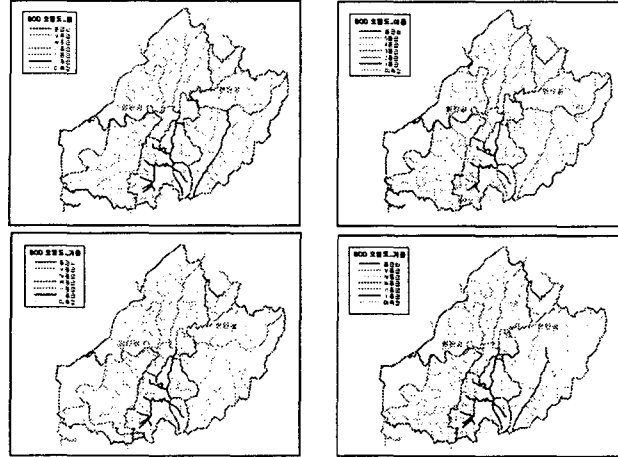
2. 수계 현황 및 기초조사

2.1 수질 및 저질

각 지점별 수질분석 결과(BOD 기준)를 계절별 분석하면 봄에는 임진강 상류와 차탄천을 제외한 대부분의 하천이 3등급이상의 수질이였다가 여름 장마 후 가을에는 전체적으로 년중 가장 양호한 수질을 보인다. 그러다가 하천유량이 급속히 감소되는 겨울이 되면 임진강 본류를 제외한 포천천과 영평천, 문산천을 중심으로 봄 수준으로 수질이 다시 악화되어 계절 변화에 따른 수질오염의 변화 양상을 비교적 명확히 나타내고 있다. 특히, 포천천의 경우에는 년중 계절변화에 따른 수질오염도의 변화가 다른 하천에 비해 확연하게 나타나고 있어

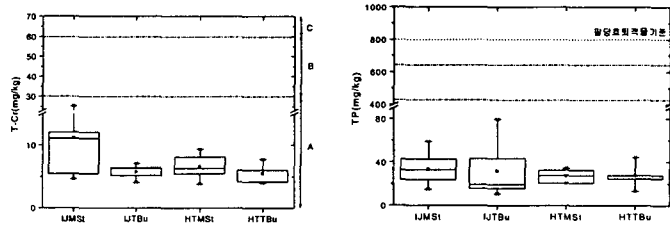
* 대전대학교 토목공학과, 조교수
 ** 경기개발연구원, 환경연구부, 책임연구원
 *** 중앙대학교 토목공학과, 조교수

향후 이와 관련하여 중점 관리가 요망되는 하천이라 볼 수 있다. 유역에 오염원이 거의 없는 차탄천은 일년 내내 1등급의 양호한 수질을 보이는 반면, 신천은 연중 5등급 이상의 등급의 수질을 나타내고 있어 특별한 관리대책이 요청되는 오염 우심하천 임이 뚜렷하다.



<그림 2> 임진강 수계 하천의 계절별 BOD 오염도

저질조사 결과를 미국 Great호 퇴적물 오염정도 분류기준과 환경부가 제안한 제거기준 (1993)과 비교하면, COD 및 T-P의 경우 수계 모든 지점에서 거의 오염되지 않은 상태이다. T-N의 경우 임진강 상류(임진강 2)만이 미국 오염도 기준의 중간단계(기준: 1,000~2,000 mg/kg) 오염도를 나타내고 임진강 하류를 포함 다른 하천구간에서는 가장 낮은 오염수준을 나타내고 있어 퇴적물 오염수준은 크게 우려할 수준이 아니다. 퇴적물 내 중금속 오염도도 일부 항목을 제외한 대부분 항목에서 극히 미미한 오염 수준을 보여 수계 전체의 중금속 오염도는 비교적 낮은 수준으로 간주할 수 있다. 이는 국내 타 수계 퇴적물의 중금속 현황과 비교해 볼 때에도 상대적으로 낮은 수준으로 임진강 수계의 중금속에 의한 저질오염은 미미한 것으로 판단된다.



<그림 3> 임진강 및 한탄강의 퇴적물 중금속 농도 및 오염도

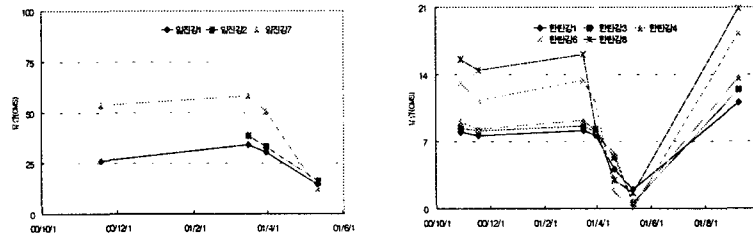
주: Great호 퇴적물기준 A:오염되지않음, B:보통오염, C:오염심함

IJMSt:임진강본류, IJTBu:임진강지류, HTMSt:한탄강본류, HTTBu:한탄강지류

2.2 수리수문

유량측정 지점의 선정은 수질측정 지점과 가능한 한 동일지점에서 실시함을 원칙으로 수질모델링을 위해 선정된 수질조사 지점 중 22개 지점(임진강 및 한탄강 본류 10개소, 유입 1지천 12개소)을 대상으로 수리수문 조사지점을 선정하였다. 유량측정은 연구기간 중 총 8회에 걸쳐 측정하였으며, 조사기간 중 결빙에 의해 측정이 불가능한 기간(2000년 12월~2001년 2월)과 풍수기(2001년 7월~9월)는 기간내 1회 조사를 실시하고 현장 상황이나 군사적인 이유로 조사가 어려운 지역은 기존의 측정 결과(임진강 유역조사보고서, 건설교통부, 1997년)를 토대로 비유량에 의한 물수지를 추정하였다. 임진강 본류의 전체적인 유량변화 패턴은 해빙기인 3월초 큰 폭으로 증가하였다가 이후 지속적으로 감소하여, 5월말에는 극심한 갈수 현상을 보였다. 이는 5월이 농번기에 해당되어 이에 따른 농업용수 수요량이 큰 폭으로 증가한 반면, 이 시기 강우량이 절대적으로 부족하여 발생한 것으로 판단된다. 한탄강 본

류에서는 농업용수 취수시기인 4월을 전후로 유량변화가 뚜렷한데 이는 2001년 동 수계 이 수량이 하천 유하량 보다 커서 나타난 결과로 5월 이후 한탄강과 임진강 상류지역의 극심한 건천화 현상을 발생시킨다. 임진강 주요 지천의 경우 한탄강과 마찬가지로 3월 중순 이후 하천 건천화가 진행되었고, 이 중 사미천은 타 하천보다 그 감소폭이 급격히 나타났는데 이는 생활 및 농업용수의 취수에 의한 것으로 판단되었다. 한탄강의 주요 지천인 건지천, 영평천, 신천, 차탄천 등은 측정 결과 농업용수 이용량이 많은 영평천, 차탄천, 건지천 등을 중심으로 3월 중순 이후 급격하게 하천 유하량이 감소하여, 건천화 되었으나 오염정도가 심하여 용수이용량이 적은 신천의 경우는 상대적으로 하천유하량 감소폭이 적음을 알 수 있었다.



<그림 4> 임진강(왼쪽) 및 한탄강(오른쪽) 본류 유량측정 결과

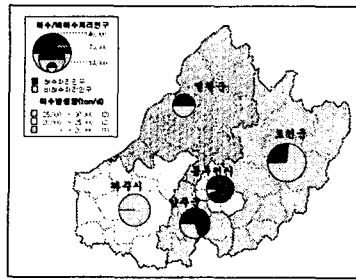
2.3 식물상

한탄강 유역에서 자라는 관속식물은 74종, 7변종, 2품종 등 모두 83 분류군이 생육하고 있는 것으로 조사되었다. 조사정점 별로는 한탄1(근홍교)에서 48개 분류군이 출현하여 가장 높은 다양도를 보였으며, 한탄6(대전교)에서 21개 분류군으로 식생이 가장 빈약한 것으로 조사되었다. 우점종은 단풍잎돼지풀로 거의 전 조사지역에서 밀도가 매우 높은 군락으로 분포하고 있는데, 쑥과 억새 등도 거의 전 지역에서 발견되었다. 이상의 우점종들의 분포로 보아 본 조사지역은 자연 식생의 파괴가 극심한 것으로 보이며, 특히 도태에 탁월한 종인 단풍잎돼지풀과 쑥 등이 수변에 광범하게 분포하고 있어, 한탄강 수변의 식물 생육환경을 복원하는 것이 매우 어려울 것으로 보인다. 한탄강 상류는 임진강 본류보다 인간의 간섭을 덜 받은 것으로 조사되었으며, 사행천이 잘 유지되고 비교적 계곡이 깊어 절벽에 출현하는 종인 들단풍과 바위말발도리 등이 생육하고 있었다. 그러나 하류로 갈수록 자연 식생은 거의 파괴되어 있었으며, 단풍잎돼지풀, 쑥, 소리쟁이 등과 같은 인간 간섭 식물이 우점을 이룬다.

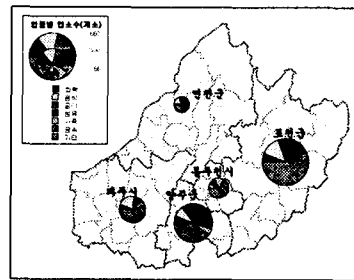
임진강 유역에서 자라는 관속식물은 101종, 7변종, 1품종 등 모두 109개 분류군이 생육하고 있는 것으로 조사되었다. 간파천이 흐르는 어류지2교 주변에서 가장 많은 식물 분류군이 분포하는 것으로 조사되었으며, 학곡리에서의 식생이 가장 빈약한 것으로 조사되었다. 동이리는 큰 규모의 제방보수 공사가 이루어지고 있어 식생이 거의 파괴되어 있으나 느릅나무 군락이 여전히 발달하는 매우 독특한 식생구조를 이루고 있다. 많은 느릅나무 종류는 북방계 식물로 하천 주변의 저지대에 주로 분포하는 매우 특이한 식물군으로 이 지역에 대한 보존대책이 시급한 실정이다. 임진강 유역의 우점종도 단풍잎돼지풀로 전체 조사 지역에서 밀도가 매우 높은 군락으로 분포하고 있다. 다음으로 쑥이 상당한 지역에 생육하고 있었으며, 그 밖에 방동사니, 환삼덩굴 등이 전체적으로 생육하고 있는 것으로 관찰되었고 이상의 종들도 도태에 탁월한 능력을 발휘하는 수변식물들로, 이들의 광범위한 분포는 임진강의 수변 환경이 심하게 파괴되어 있음을 시사하고 있다. 임진강 유역의 둔치에는 경작지나 위락시설 또는 군부대가 자리잡고 있어, 조사된 거의 모든 지역의 자연식생이 파괴되어 있었다. 이들 지역 외에는 둔치 및 인공제방이나 축석제방 위에 단풍잎돼지풀이나 쑥 등의 인간 간섭 식물이 우점을 이루고 있어 자연 식생의 복원에 걸림돌이 될 것으로 보인다.

2.4 수질 오염원 현황

임진강 유역에 총 1,619개소의 업소가 위치해 있으며 업종별로는 섬유가 426개소로 가장 많고 음식료가 206개소로 그 다음으로 많다. 시군별로는 포천군이 652개소로 가장 많고, 양주군, 파주시의 순서로 업소가 분포해 있으며 연천군이 97개소로 가장 적은 수가 소재하고 있다. 또한 임진강 유역에는 소 24,370두, 젓소 20,220두, 돼지 550,179두, 가금류 4,137,603두가 사육되고 있다. 폐수 발생량은 총 6,371톤/일이고, 돼지가 배출하는 폐수발생량이 5,053톤/일로 가장 많고 그 다음이 젓소, 소의 순서이다.



<그림 5> 생활계 오염원 현황



<그림 6> 업종별 배출업소수

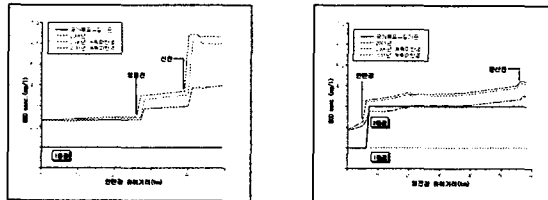
3. 맑은 물 보전대책

3.1 수질예측 모형구축

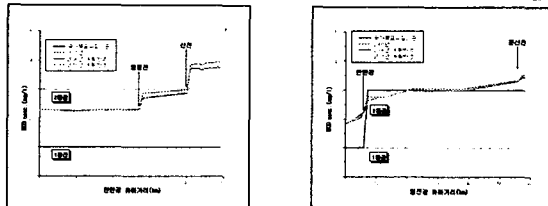
1) 수질 예측

수질예측을 위해 우선 다음의 두 가지 경우에 대해 수질모형을 적용시킨다.

첫째는 계획된 환경기초시설이 건설되지 않을 경우이고 둘째는 계획된 환경기초시설이 차질 없이 건설될 경우이다.



<그림 7> 환경기초시설 건설 계획 미반영 시 장래 수질예측: BOD



<그림 8> 환경기초시설 건설 계획 반영 시의 장래 수질예측: BOD

2) 목표수질의 설정

본 연구에서 임진강 수계의 목표수질은 다음 표와 같이 제시하며 환경부에서는 수질목표 설정을 위해 임진강 수계뿐만 아니라 다른 하천에 대해서도 전략적 목표와 기술적 목표를 설정하여 두 가지 모두 채택하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 즉 전략적 목표는 상한치(이상적인 값)로 하고 기술적 목표는 유용성이 큰 하한치(현재수질)로 하여 현실적인 문제에 보다 적극 대처할 것을 제안한다.

3.2 오염물질 삭감대책

1) 신천

신천의 색도는 공장에서 배출시키는 산업폐수가 주원인이며 미처리된 축산폐수와 생활하수로 인해 발생한 유기물질과 상승작용을 일으켜 나타난 결과이다. 현재 건설 중인 양주 검준 지방산업단지는 동두천지방산업단지와 동일한 폐수처리공정(화학응집처리→표준활성슬러지법→펜톤산화처리)을 채택하고 200도 이하로 성능보증수질을 제시하고는 있으나, 실제 방류수 설계 수질조건을 600도 미만으로 계획하고 있어 색도 관련 방류수 설계수질을 강화할 필요가 있다. 하천정화시설의 설치 위치는 청담천이 합류된 이후의 신천 본류에 적용하는 것이 오염원의 입지 및 기존 처리시설을 고려할 때 적합하다고 판단되며 적용시설은 첫째, 현재 부유물질로 인한 외관적 성상의 결보기색도저감을 위해 유기물질을 포함한 부유물질에 대한 제거효율이 일정수준 이상이고 둘째, 청담천 합류 후의 신천 본류 수질에 적용성이 크며 셋째, 국내 하천에 대해서 운영실적이 있거나 적용성이 입증된 시설을 대상으로 검토한

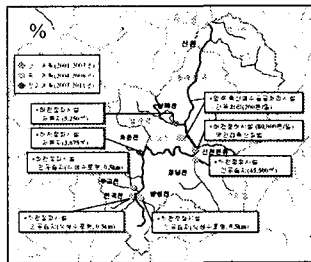
<표 2> 임진강의 목표수질

목표연도	목표수질	주관기관	대상 지역
2011	2001년도 수질 유지	경기도	파주시, 동두천시, 양주군, 포천군, 연천군 등 임진강 유역 5개 시군
2020	국가 목표수질 달성	중앙정부	강원도, 북한을 포함한 임진강 전 유역

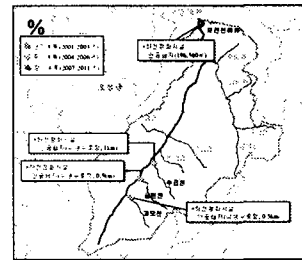
<표 3> 오염우심 하천의 목표수질

하천명	현재 수질	목표수질(2011년)	대상 지역
신천	등급외(11.8mg/L)	4등급	동두천시, 양주군
포천천	4등급(6.1mg/L)	3등급	포천군
문산천	5등급(8.1mg/L)	4등급	파주시

결과, 역간접축산화법이 적합할 것으로 판단된다. 신천 중상류부 유입지천의 경우 지천주변으로 입지된 축산농가 및 공장 등에서 배출되는 오염물질 유출로 갈수기 시 산업 및 축산폐수로 인한 오염이 심하고, 신천 본류에 대한 오염물질 유입 억제 및 강우 시 지천 내외의 퇴적오염물질 일시유출 저감을 위해 하천정화시설 설치가 필요하다. 또한 현재 양주군 관내 신천 중상류부에 산재한 소규모 유입지천의 경우 규제미만의 축산배출시설이 총 881개소(1999년 기준, 소/젓소의 경우 769개소, 돼지 112개소)가 밀집되어 있으나, 이들 시설에서 배출되는 축산폐수의 적정처리가 이루어지지 않고 무단방류 사례가 잦아 신천 중상류부의 수질오염을 심화시키고 있으므로 축산폐수공공처리시설 건설을 계획이 필요하다.



<그림 9> 신천 수질개선대책 계획도



<그림 10> 포천천 수질개선대책 계획도

2) 포천천

최근 포천천에서 산업폐수의 배출허용기준을 현행 '가'지역에서 '청정'지역으로 강화시켜 업체별 폐수처리시설의 개선을 유도하고 있으며 생활오수(온천포함) 배출허용기준을 강화하여 오수처리시설에서의 배출농도가 BOD 기준 20ppm이하로 강화시켜 적용할 계획으로 포천천 수질개선에 상당한 영향을 미칠 것으로 판단된다.

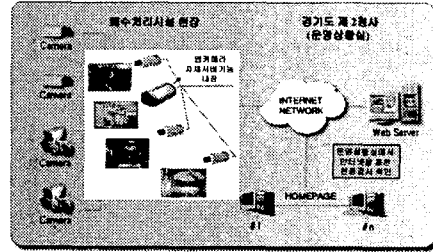
본 연구에서는 하천정화시설 설치를 고모천, 금현천, 우금천은 사업의 시급 상 모두 단기사업으로 분류해야 하나 지역별 특성에 따라 처리효율이 달라질 수 있는 하천정화시설 특성상 최적화된 시설 설치방안 도출을 위해 우선 시범사업화 할 수 있는 고모천은 단기로, 나머지 금현천과 우금천은 중기로 분류하였다. 장기사업으로 계획된 포천천 하류부의 하천정화시설 또한 영평천하류 및 동두천취수원의 안정적인 수질확보라는 측면에서는 중요하므로 세밀하고 정확한 검토 후 장기사업으로 추진한다.

3.3 운영 관리대책

1) 임진강 수계 DB 구축사업

체계적인 수계 관리를 위해서는 각종 정보를 DB로 구축해야 효율적인 업무추진이 가능하므로, 이미 본 연구에서 오염원, 환경기초시설 등에 관해 기본적인 DB를 구축해서 실무에 도움이 될 수 있도록 하여 GIS 데이터를 기반으로 수질환경과 관련된 속성 DB뿐 아니라 공간 DB도 함께 연계·구축하여 향후 본격 GIS로의 확장이 자연스럽게 이루어질 수 있도록 계획하였다. 구축된 DB는 경기도에서 활용할 수 있도록 GIS프로그램(MapInfo Prof

Ver.5.5)를 이용하여 구축된 DB를 활용할 수 있도록 하였다.



<그림 11> 속성정보 구축 예(동두천 생활오염원) <그림 12> 수계내 Web모니터링 시스템 예
2) 산업계 오염물질 배출업소에 대한 Web 모니터링 사업

최근 통신인프라와 IT 기술의 발전으로 초고속통신망이 일상화 되어 인터넷을 기반으로 하는 Web-모니터링 시스템의 설치가 용이하여 카메라를 통해 현장의 화상정보를 실시간으로 전송받아 원격지에서 현장 상황에 대한 확인·감시가 가능한 시스템으로 기존의 CCTV (폐쇄회로카메라)보다 진보된 업체 모니터링이 가능하다. 이러한 Web-모니터링 시스템은 산업계 배출시설이 밀집된 신천과 포천천 중류지역이 우선 대상지역으로는 선정될 수 있을 것이고 대상업체는 오염기여도가 높은 피혁·염색·식품업종 중 폐수처리시설의 미가동 또는 부적정 처리로 인해 환경법규 위반사례가 많은 상습위반업소가 될 수 있다. 본 연구에서는 모니터링을 통하여 주민 계도와 업소 감시 기능을 제안하였다.

4. 결론

본 연구에서는 임진강 수계의 수질보전을 위하여 수리 수문, 수질 및 저질, 생물상 등 수계관련 기초 현황조사와 오염원과 배출현황조사를 통하여 수질 보전대책과 신천이나 포천천 같은 수질 우심지역의 개선방법 및 대책을 연구하였다. 임진강과 같은 접경지역은 수계관리가 어렵고 난 개발의 여지가 있을 뿐 아니라 기초적인 자료가 부족하기 때문에 국내의 다른 수계와는 차별화 된 수계관리사업의 선정 및 추진이 필요하다고 판단된다. 이를 위하여 본 연구에서는 기본구상과 핵심사업 등을 개발하였으며 기본구상에서 제시된 각 분야별 사업은 크게 시설의 설치사업과 수계관리사업으로 나누었는데 이중 시설 설치사업은 여러 가지 규모의 환경기초시설과 비점오염물질 처리사업 등이 대상이고 관리사업은 수계관리 여건을 조성하는데 기본이 되는 데이터베이스 구축, 모니터링 체계 구축, 법·제도적 개선, 교육 및 홍보 사업 등 비 구조적 사업들이 포함되어 있다. 임진강 유역의 수질개선사업을 사업기간에 따라 2002-2003(단기), 2004-2006(중기), 2007-2011(장기)사업으로 구분할 수 있으며 이들 사업 중 수질개선 기여도가 크고 사업의 시급성이 중대하여 앞으로 10년간 핵심적으로 추진해야 할 대규모 과제 20개를 정리하여 '20대 전략사업'으로 제안하였다. 시·군별로는 포천군, 동두천시가 대부분 중·단기에 사업이 완료되는 반면 파주시, 양주군, 연천군은 중·장기 사업이 대부분으로 적절한 예산 지원이 필요하며 만일 제안된 사업들이 단계별로 추진된다면 임진강 본류의 수질을 포함 수계의 수질이 통일시대나 추후 개발의 진행에도 불구하고 2001년 말 현재 수질을 유지 혹은 개선이 가능 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 경기도 제2청사에서 '임진강수계 수질보전 대책방안'의 연구용역 결과의 일부로서 지원해 주신 경기도에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 경기도, 2001, 임진강 수계 수질보전 대책방안
2. 건설교통부, 1997, 임진강유역조사보고서
3. 건설교통부, 1997~1999, 하천수 사용실태조사
4. 환경부, 1999, 임진강수계 수질오염 현황과 관리 대책
5. Allan, J. D., 1995, Stream Ecology. Structure and function of running waters. Chapman & Hall